

**PERANCANGAN SISTEM ELEKTRIK PENENDANG BOLA PADA ROBOT
BERODA DENGAN KEKUATAN TENDANG YANG DAPAT DIVARIASIKAN**

oleh

Andika Sukma Deryawan

NIM: 612014028



1 Skripsi

Untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer

Universitas Kristen Satya Wacana

Salatiga

Juli 2018



PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anchika Sukma Deryawan.
NIM : 612014028 Email : Anchkasukma3@gmail.com.
Fakultas : FTEK Program Studi : Teknik Elektronika
Judul tugas akhir : Perantaraan Sistem Elektrik Penendang Bola pada Robot Beroda
dengan Kekuatan Tendang yang Dapat Divariasikan.
Pembimbing : 1. P. Dalu Setaji, M.T.
2. Daniel Santoro, M.S.

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Kristen Satya Wacana maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Kristen Satya Wacana.

Salatiga, 19 September 2018



PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Andika Sukma Deryawan

NIM : 612014028

JUDUL SKRIPSI : Perancangan Sistem Elektrik Penendang Bola pada Robot Beroda
dengan Kekuatan Tendang yang Dapat Divariasikan

Menyatakan bahwa skripsi tersebut di atas bebas plagiat. Apabila ternyata ditemukan unsur plagiat di dalam skripsi saya, maka saya bersedia mendapatkan sanksi apapun sesuai aturan yang berlaku.

Salatiga, 22 Juni 2018



Andika Sukma Deryawan

1956



PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andika Sukma Deryawan
NIM : 612014028 Email : Andikasukma3@gmail.com
Fakultas : FTEK Program Studi : Teknik Elektronika
Judul tugas akhir : Perantangan Sistem Elektrik Penendang Bola pada Robot Beroda dengan Kekuatan Tendang yang Dapat Divariasikan

Dengan ini saya menyerahkan hak *non-eksklusif** kepada Perpustakaan Universitas – Universitas Kristen Satya Wacana untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak yang sesuai):

- ☐ a. Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA
- ☒ b. Saya tidak mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA**

* Hak yang tidak terbatas hanya bagi satu pihak saja. Pengajar, peneliti, dan mahasiswa yang menyerahkan hak non-eksklusif kepada Repositori Perpustakaan Universitas saat mengumpulkan hasil karya mereka masih memiliki hak copyright atas karya tersebut.

** Hanya akan menampilkan halaman judul dan abstrak. Pilihan ini harus dilampiri dengan penjelasan/ alasan tertulis dari pembimbing TA dan diketahui oleh pimpinan fakultas (dekan/kaprodi).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Salatiga, 18 September 2018

Andika Sukma Deryawan

Tanda tangan & nama terang mahasiswa

Mengetahui,

F. Daku Setiaji, M.T.

Tanda tangan & nama terang pembimbing I

Daniel Santoso, M.S.

Tanda tangan & nama terang pembimbing II

**PERANCANGAN SISTEM ELEKTRIK PENENDANG BOLA PADA ROBOT
BERODA DENGAN KEKUATAN TENDANG YANG DAPAT DIVARIASIKAN**

oleh

Andika Sukma Deryawan

NIM : 612014028

Skripsi ini telah diterima dan disahkan
Untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

dalam

Konsentrasi Teknik Elektronika

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer

Universitas Kristen SatyaWacana

Salatiga

Disahkan oleh :

Pembimbing I



F. Dalu Setiaji, M.T.

Tanggal : 17/09/2018

Pembimbing II



Daniel Santoso, M.S.

Tanggal : 17/09/2018

Nama : Andika Sukma Deryawan

NIM : 612014028

Judul Skripsi : Perancangan Sistem Elektrik Penendang Bola pada Robot Beroda dengan Kekuatan Tendang yang Dapat Divariasikan.

Pembimbing : 1. F. Dalu Setiaji, M.T.

2. Daniel Santoso, M.S.

INTISARI

Dalam pertandingan Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) cabang beroda, terdapat 2 tim yang saling mencari kemenangan dengan nilai gol terbanyak sebagai penentunya. Dibutuhkan algoritma dan sistem penendang yang baik supaya robot dapat memperoleh banyak gol. Sistem penendang yang baik merupakan sistem penendang bola yang dapat memveriasikan kekuatan tendang sehingga robot dapat memasukkan bola ke gawang lawan dari posisi robot yang tidak menentu.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan di atas, maka munculah ide untuk mengubah sistem elektrik penendang bola pada R2C-WARRIOR sehingga robot dapat memasukkan bola tepat didalam gawang lawang dengan melihat posisi robot saat akan menendang bola.

Sistem yang dibuat menggunakan boost converter sebagai penaik tegangan batre bertegangan 22,2V yang nantinya disimpan pada *capacitor bank*. Dengan komponen IGBT sebagai saklar elektrik, energi yang tersimpan pada *capacitor bank* akan dikendalikan dengan metode PWM sehingga didapatkan mengendalikan kekuatan tendang.

Pengujian sistem peneng bola dilakukan dengan memvariasikan tegangan pada *capacitor bank* dari 50V hingga 400V dan memvariasikan nilai PWM dengan tegangan awal *capacitor bank* 400V. Dari hasil pengujian, didapatkan sistem penendang bola yang dapat mengisi energi pada *capacitor bank* bernilai 4700uF dengan tegangan 400V selama 33,96 detik dan efisiensi tertinggi solenoida dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanik sebesar 19,69 %. Penggunaan IGBT sebagai saklar elektrik dan mekanisme lengan ayun sebagai pembuat arah bola lambung dapat memvariasikan titik jatuhnya bola dengan *error* sebesar 25,07 % pada kekuatan tendang maksimal.

INTISARI

Dalam pertandingan Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) cabang beroda, terdapat 2 tim yang saling mencari kemenangan dengan nilai gol terbanyak sebagai penentunya. Dibutuhkan algoritma dan sistem penendang yang baik supaya robot dapat memperoleh banyak gol. Sistem penendang yang baik merupakan sistem penendang bola yang dapat memveriasikan kekuatan tendang sehingga robot dapat memasukkan bola ke gawang lawan dari posisi robot yang tidak menentu.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan di atas, maka munculah ide untuk mengubah sistem elektrik penendang bola pada R2C-WARRIOR sehingga robot dapat memasukkan bola tepat didalam gawang lawan dengan melihat posisi robot saat akan menendang bola.

Sistem yang dibuat menggunakan *boost converter* sebagai penaik tegangan batre bertegangan 22,2V yang nantinya disimpan pada *capacitor bank*. Dengan komponen IGBT sebagai saklar elektrik, energi yang tersimpan pada *capacitor bank* akan dikendalikan dengan metode PWM sehingga didapatkan mengendalikan kekuatan tendang.

Pengujian sistem peneng bola dilakukan dengan memvariasikan tegangan pada *capacitor bank* dari 50V hingga 400V dan memvariasikan nilai PWM dengan tegangan awal *capacitor bank* 400V. Dari hasil pengujian, didapatkan sistem penendang bola yang dapat mengisi energi pada *capacitor bank* bernilai 4700uF dengan tegangan 400V selama 33,96 detik dan efisiensi tertinggi solenoida dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanik sebesar 19,69 %. Penggunaan IGBT sebagai saklar elektrik dan mekanisme lengan ayun sebagai pembuat arah bola lambung dapat memvariasikan titik jatuhnya bola dengan *error* sebesar 25,07 % pada kekuatan tendang maksimal.

Mengetahui,

Mengesahkan,

Penyusun,

Hartanto K.W., M.T.

Dekan

F.Dalu Setiaji, M.T.

Pembimbing

Andika Sukma Deryawan

ABSTRACT

In the Wheeled Indonesian Soccer Robot Contest (KRSBI) match, there were 2 teams who were looking for a win with the most goals scored as determinants. It takes a good algorithm and kicking system so that robot can get many goals. A good kicking system is a kicking system that can verify the strength of ball shot so that the robot can insert the ball into the opponent's goal from an erratic robot position.

Based on the above problems, there is an idea to change the electric kicking system on R2C-WARRIOR so that the robot can insert the ball right inside the opponent's goal by looking at the robot's position when it will kick the ball.

The system is made using boost converter from 22,2V battery. Battery's energy will be stored in the capacitor bank. With the IGBT as electrical switch component, the energy stored in the bank's capacitor will be controlled by the PWM method so that it can control the shooting power.

Testing the kicking ball system is done by varying the voltage on the bank capacitor from 50V to 400V and varying the PWM value with the initial voltage of the 400V capacitor bank. From the test results, obtained a ball kicking system that can charge 4700uf capacitor banks energy with a voltage of 400V for 33.96 seconds and the highest solenoid efficiency in converting electrical energy into mechanical energy by 19.69%. The use of IGBT as an electrical switch and the swing arm mechanism as the maker of the parabolic direction makes the system able to vary the falling point of the ball with a 25.07% error in maximum kick strength.

Keywords: R2C-WARRIOR, Solenoid, Boost Converter, Kicking Mechanism

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala berkat, karunia, dan hikmah yang telah diberikan kepada penulis selama proses pengerjaan skripsi dengan judul Perancangan Sistem Elektrik Penendang Bola pada Robot Beroda dengan Kekuatan Tendang yang Dapat Divariasikan yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga.

Pada kesempatan ini pula, perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada berbagai pihak yang baik secara langsung maupun secara tidak langsung telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini:

1. Allah SWT yang selalu memberikan karunia, kesehatan, ketentraman, serta rizki yang tiada habisnya.
2. Orang tuatercinta, Bapak Edy Suratno dan Ibu Sri Utami yang selalu memberi memperhatikan, mendoakan, memotivasi, merawat, menyayangi, mendoakan dan memberi wejangan sehingga penulis dapat terus bersemangat dalam menyelesaikan tugas.
3. Bapak F. Dalu Setiaji, M.T. serta Bapak Daniel Santoso, M.S. selaku pembimbing I dan pembimbing II yang telah bersedia membimbing penulis melalui kritik dan saran yang membangun dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
4. Siti Noviyanti yang selalu menyemangati, mendukung, mendoakan, dan menemani penulis.
5. Seluruh tenaga pengajar, staff, karyawan, dan laboran FTEK UKSW yang dengan sabar memberikan ilmu kepada penulis.
6. Tim robot R2C 2016, 2017, dan 2018 yang telah bekerja sama setiap tahunnya dalam melakukan riset untuk menjadi yang terbaik dalam Kontes Robot Indonesia. *"R2C.. My Team is My Blood"*.
7. Tim KRSBI beroda 2018, Dani Septya, Abdusy Syukur, Gidion Siwi N, Johandi, Ryard Firsdaus, Witaradya Adhi D, dan Muhammad Hisyamudin R yang telah berjuang bersama dan berhasil memperoleh juara harapan pada KRI 2018 regional 3.

8. Sahabat-sahabat R2C 2018 yang bekerja keras dan terus berbenah mengembangkan robot untuk memengakan perlombaan KRI.
9. Teman-teman angkatan 2014 serta berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang membantu penulis dalam menyelesaikan studi di Universitas Kristen Satya Wacana.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik maupun saran dari pembaca sehingga skripsi ini dapat berguna bagi pengembangan robot di FTEK UKSW dan tim R2C UKSW.

Salatiga, 24 Juni 2018

Penulis



DAFTAR ISI

INTISARI	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SIMBOL	ix
DAFTAR ISTILAH	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Tujuan	1
1.2 Latar Belakang	1
1.3 Spesifikasi Sistem	2
1.4 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.1.1 BUKU PANDUAN KONTES ROBOT SEPAK BOLA INDONESIA DIVISI BERODA (Kementerian Riset, Teknologi dan Perguruan Tinggi, 2018) [1]	4
2.1.2 Improving the Kicking Accuracy in a Soccer Robot (João Silva, José Luis Azeved, Bernardo Cunha, António J. R. Neves, dan Nuno Lau Ricardo Dias, 2015) [3]	4
2.1.3 Rancang Bangun Mekanisme Penendang Bola Berbasis Elektromagnetik untuk Robot Sepakbola Berosa R2C-Warrior (Yohanes Haryudanta Dwityatmaka, 2018) [12]	5
2.2 Penendang Bola	5
2.3 Penendang Bola Menggunakan Solenoida	8
2.4 Penendang Bola R2C-WARRIOR	9
2.5 Sistem Elektrik Penendang Bola R2C-WARRIOR	10
2.6 Pengendali Sekunder Robot R2C-WARRIOR	11
2.7 <i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i>	12
2.8 <i>Optocoupler</i>	12

BAB III PERANCANGAN SISTEM	13
3.1 Gambaran Sistem	13
3.2 Penaik Tegangan DC	15
3.3 Pemicu Tendangan	18
3.4 Sistem Mekanik	23
BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS	25
4.1 Pengujian Rangkaian Penaik Tegangan	25
4.2 Pengujian Kecepatan Bola	30
4.2.1 Kecepatan Bola Terhadap Tegangan Kapasitor	31
4.2.2 Kecepatan Bola Terhadap Sinyal Kendali	37
4.3 Pengujian Tendangan Lambung	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran Pengembangan	42
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kemampuan Robot Dalam Menendang Bola.....	6
Gambar 2.2	Pertandingan Robot Sepak Bola Beroda [1].....	7
Gambar 2.3	Sistem Penendang Bola Menggunakan Solenoida Tim CAMBADA [3].	9
Gambar 2.4	Mekanik Penendang Bola R2C-WARRIOR.....	10
Gambar 2.5	Sistem Elektrik Penendang Bola R2C-WARRIOR.....	11
Gambar 2.6	Simbol <i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i>	12
Gambar 3.1	Diagram Blok Keseluruhan Sistem Elektrik Robot Sepak Bola Beroda R2C-WARRIOR.....	13
Gambar 3.2	Diagram Blok Sistem Penendang Bola.....	14
Gambar 3.3	Perangkat Keras Sistem Elektrik Penendang Bola.....	14
Gambar 3.4	Layout PCB Sistem Senendang Bola.....	15
Gambar 3.5	Skema <i>Switching</i> Induktor Menggunakan MOSFET.....	16
Gambar 3.6	Skema IC 555 mode <i>astable</i> [9]	17
Gambar 3.7	Kapasitor 4700uf 450V.....	20
Gambar 3.8	Skema Penyaklaran Solanoida Menggunakan IGBT.....	21
Gambar 3.9	Solenoida Tampak Atas.....	22
Gambar 3.10	Desain Mekanik Mekanisme Penendang Bola.....	23
Gambar 3.11	Penendang Bola Saat Solenoida Tidak Aktif	24
Gambar 3.12	Penendang Bola Saat Solenoida Aktif	24
Gambar 4.1	Grafik Tegangan <i>Capacitor Bank</i> Terhadap Waktu Pengisiannya	29
Gambar 4.2	<i>Infrared Obstacle Detection</i> Menggunakan Arduino	30
Gambar 4.3	Grafik Kecepatan Bola Terhadap Tegangan <i>Capacitor Bank</i>	36
Gambar 4.4	Grafik Efisiensi Solenoida Terhadap Tegangan <i>Capacitor Bank</i>	37
Gambar 4.5	Nilai Kecepatan Bola Terhadap <i>Duty Cycle</i> Sinyal PWM	39
Gambar 4.6	Titik Jatuh Bola Terhadap <i>Duty Cycle</i> Sinyal PWM	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ukuran Lapangan Pertandingan	8
Tabel 3.1	Ukuran Lapangan Pertandingan	
	21	
Tabel 4.1	Pengujian Waktu Pengisian Capacitor Bank ($V_{akhir}= 50V$).....	25
Tabel 4.2	Pengujian Waktu Pengisian Capacitor Bank ($V_{akhir}= 100V$).....	26
Tabel 4.3	Pengujian Waktu Pengisian Capacitor Bank ($V_{akhir}= 150V$)	26
Tabel 4.4	Pengujian Waktu Pengisian <i>Capacitor Bank</i> ($V_{akhir}= 200V$)	27
Tabel 4.5	Pengujian Waktu Pengisian <i>Capacitor Bank</i> ($V_{akhir}= 250V$)	27
Tabel 4.6	Pengujian Waktu Pengisian <i>Capacitor Bank</i> ($V_{akhir}= 300V$)	28
Tabel 4.7	Pengujian Waktu Pengisian <i>Capacitor Bank</i> ($V_{akhir}= 350V$)	28
Tabel 4.8	Pengujian Waktu Pengisian <i>Capacitor Bank</i> ($V_{akhir}= 400V$)	29
Tabel 4.9	Pengujian Kecepatan Bola ($V_C = 50V$)	31
Tabel 4.10	Pengujian Kecepatan Bola ($V_C = 100V$)	32
Tabel 4.11	Pengujian Kecepatan Bola ($V_C = 150V$)	32
Tabel 4.12	Pengujian Kecepatan Bola ($V_C = 200V$)	33
Tabel 4.13	Pengujian Kecepatan Bola ($V_C = 250V$)	33
Tabel 4.14	Pengujian Kecepatan Bola ($V_C = 300V$)	34
Tabel 4.15	Pengujian Kecepatan Bola ($V_C = 350V$)	34
Tabel 4.16	Pengujian Kecepatan Bola ($V_C = 400V$)	35
Tabel 4.17	Hasil Pengukuran Kecepatan Bola Terhadap <i>Duty Cycle</i> Sinyal PWM.	38
Tabel 4.18	Pengujian Titik Jatuh Bola Terhadap <i>Duty Cycle</i> Sinyal PWM	40

DAFTAR SIMBOL

$i_L(t)$	Arus induktor (A)
V	Tegangan (V)
V_i	Tagangan baterai (V)
L	Induktor (H)
t	Waktu(s)
f	<i>Frekuensi (Hz)</i>
T	<i>Periode (Hz)</i>
\ln	Logaritma alami
R	Hambatan (Ω)
C	Kapasitor (F)
D	Duty cycle (%)
E_{min}	Energi minimal bola (Joule)
E_{max}	Energi maksimal bola (Joule)
E_{cap}	Energi kapasitor (Joule)
m_{bola}	Massa bola (kg)
v_{bola}	Kecepatan bola (m/s)
I_{bola}	Momen inersia bola (kg.m ²)
r_{bola}	Jari-jari bola (m)
ω_{bola}	Kecepatan radial bola (rad/s)
η_E	Efisiensi pengubahan energi listrik menjadi energi gerak (%)
X_h	Titik jatuhnya bola (m)
X_u	Titik jatuhnya bola saat pengujian (m)
Θ	Sudut (°)
g	Kecepatan gravitasi bumi (10 m/s)
$error_x$	Ketidaksesuaian jarak perhitungan dengan pengujian (%)

DAFTAR ISTILAH

KRI	Kontes Robot Indonesia
KRSBI	Kontes Robot Sepak Bola Indonesia
KRSBI Beroda	Kontes Robot Sepak Bola Beroda Indonesia
MOSFET	<i>Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor</i>
R2C	<i>Robotic Research Center</i>
SCR	<i>Silicon Control Rectifier</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
LiPo	<i>Lithium-ion Polymer</i>
I/O	<i>Input Output</i>
IC	<i>Integrated Circuit</i>
IGBT	<i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
DC	<i>Direct Current</i>